

Savatlı-Özalp Ofiyolitinde (Van-Doğu Anadolu) Gözlenen Ultramafik Kayaçlar ve İlişkili Mafik Daykların Petrolojik Özellikleri

Tijen ÜNER^{*1}, Sacit MUTLU²

¹Van Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van

²Van İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Van

Geliş tarihi: 05.07.2018

Kabul tarihi: 27.03.2019

Öz

Bitlis Zagros Kenet Kuşağı'nın kuzeyinde bulunan ofiyolitik kayaçlar, bölgesel olarak Neotetis'in kapanma süreci ve sonrası hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada, Van Gölü doğusunda Savatlı-Özalp Ofiyolitinde yer alan ultramafik ve mafik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmaktadır. Eksikli bir dizilim sunan ofiyolitteki ultramafik ve mafik kayaçlar, çalışma alanında tektonik olarak yer almaktadır. Bu kayaçlar içerisinde, hidrotermal alterasyon ve düşük dereceli metamorfizma etkisi yoğun olarak gözlenmektedir. Özellikle ultramafik kayaçlarda petrografik incelemeler sonucu belirlenen serpantin grubu minerallerin varlığı ile mafik kayaçlardaki prehnit ve klorit mineralleri bu etkinin en güzel kanıtlarıdır. Savatlı-Özalp Ofiyolitinde gözlenen diyabaz dayklarının jeokimyasal özellikleri, tektonik ortam açısından geçiş zonunu işaret etmektedir. Kondrite göre normalize edilen dayklar, ofiyolit tipik olarak okyanus içi dalma batma zonu üzerinde ve ada yayı toleyitlerinde oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ofiyolit, Ultramafik-mafik kayaç, Diyabaz dayk, Petroloji, Jeokimya

Petrological Properties of Ultramafic Rocks and Related Mafic Dykes in Savatlı-Özalp Ophiolite (Van-Eastern Anatolia)

Abstract

Ophiolitic rocks located on the north of the Bitlis Zagros Suture Zone provide some regional information about the closure period of the Neotethys and subsequent processes. This study introduces petrographic and geochemical features of ultramafic and mafic rocks, including the Savatlı-Özalp ophiolite in the eastern part of Lake Van. These ultramafic and mafic rocks, which are the part of an incomplete ophiolitic sequence, are tectonically transported to the region. Hydrothermal alteration and low-grade metamorphic effects are intensively observed in these ophiolitic rocks. Petrographically determined serpentine minerals in ultramafic rocks and prehnit and clorite minerals in mafic rocks are the most clear evidence for these alteration and metamorphic effect. Geochemical features of diabase dykes observed in Savatlı-Özalp Ophiolite tectonically indicate a generation from transition zone. Chondrite-normalized REE typically refer to island-arc tholeiite occurred on oceanic subduction zone.

Keywords: Ophiolite, Ultramafic rocks, Diabase dyke, Pertology, Geochemistry

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Tijen ÜNER, tcakici@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Okyanusal litosferin kıta üzerinde mostra veren parçalarını temsil eden ofiyolitlerin, genel olarak okyanus ortası sırtı ve dalma-batma zonu olmak üzere iki bölgede olduğu kabul edilmektedir [1-6]. Dalma-batma zonu ofiyolitleri; yay gerisi-yay önu, okyanusal yay gerisi ve kıtasal yay gerisi ofiyolitleri olarak sınıflandırılmıştır. Son yıllarda yapılan bir çalışmada ise, yitim ile ilişkili ofiyolitler ve yitim ile ilişkili olmayan ofiyolitler şeklinde bir sınıflandırma yapılmıştır [7].

Anadolu'daki Neotetis Ofiyolitleri genel olarak, okyanus içi dalma-batma zonunda oluşmakta ve oluşumları ile yerleşmeleri bakımından birbirleriyle uyumlu seriler oluşturmaktadır [8-16]. Anadolu'da bulunan Neotetis Okyanusuna ait havzalar Alp-Himalaya orojenik kuşağının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Neotetis'in jeolojik evriminin anlaşılmasında önemli bir yere sahip olan bu okyanusal havzaların kalıntıları, tavandan tabana doğru ofiyolitler, ofiyolit tabanı metamorfikleri ve ofiyolitli melanj ile temsil edilmektedir [3,17-19].

Ofiyolitler Anadolu'da genelde dağınık olarak bulunmakla birlikte, kabaca kuzey ve güney olmak üzere iki ana zon içerisinde gözlenmektedir [20]. Neotetis Okyanusu'nun Geç Kretase'de kapanmaya başlamasıyla, okyanusun kuzey ve güney koluna ait ofiyolitler kıta kenarına tektonik hareketlerle yerleşmişlerdir [3,20,21].

Arap Plakası'nın Avrasya Plakası'na doğru hareketi sonucu oluşan Doğu Anadolu Platosu, Neotetis'in kapanması sonucu kıta üzerine taşınan ofiyolitlerin yaygın olarak gözlendiği bir bölgedir. Doğu Anadolu'da bulunan kayaçların temelini, Üst Kretase veya daha yaşlı ofiyolitik birimler oluşturmaktadır. Bölgedeki okyanusal alanın olasılıkla Jura'da (veya daha önce) olduğu belirtilmektedir [20].

Van Gölü'nün doğusu ile İran sınırı arasında kalan bölgede bulunan ofiyolitik birimler ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [22,23]. Bu çalışmalarda ofiyolitik birimlerin alt seviyelerinde

bulunan kromitlerin ve diyabaz daykların jeolojik ve jeokimyasal özelliklerinden bahsedilmektedir.

Bu çalışmada, Van Gölü doğusunda bulunan Savathlı Köyü (Özalp-Van) çevresinde gözlenen ultramafik kayaçların ve bunlarla ilişkili izole diyabaz daykların petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek oluşum koşulları ve tektonik oluşum ortamlarının ortaya çıkartılması amaçlanmıştır.

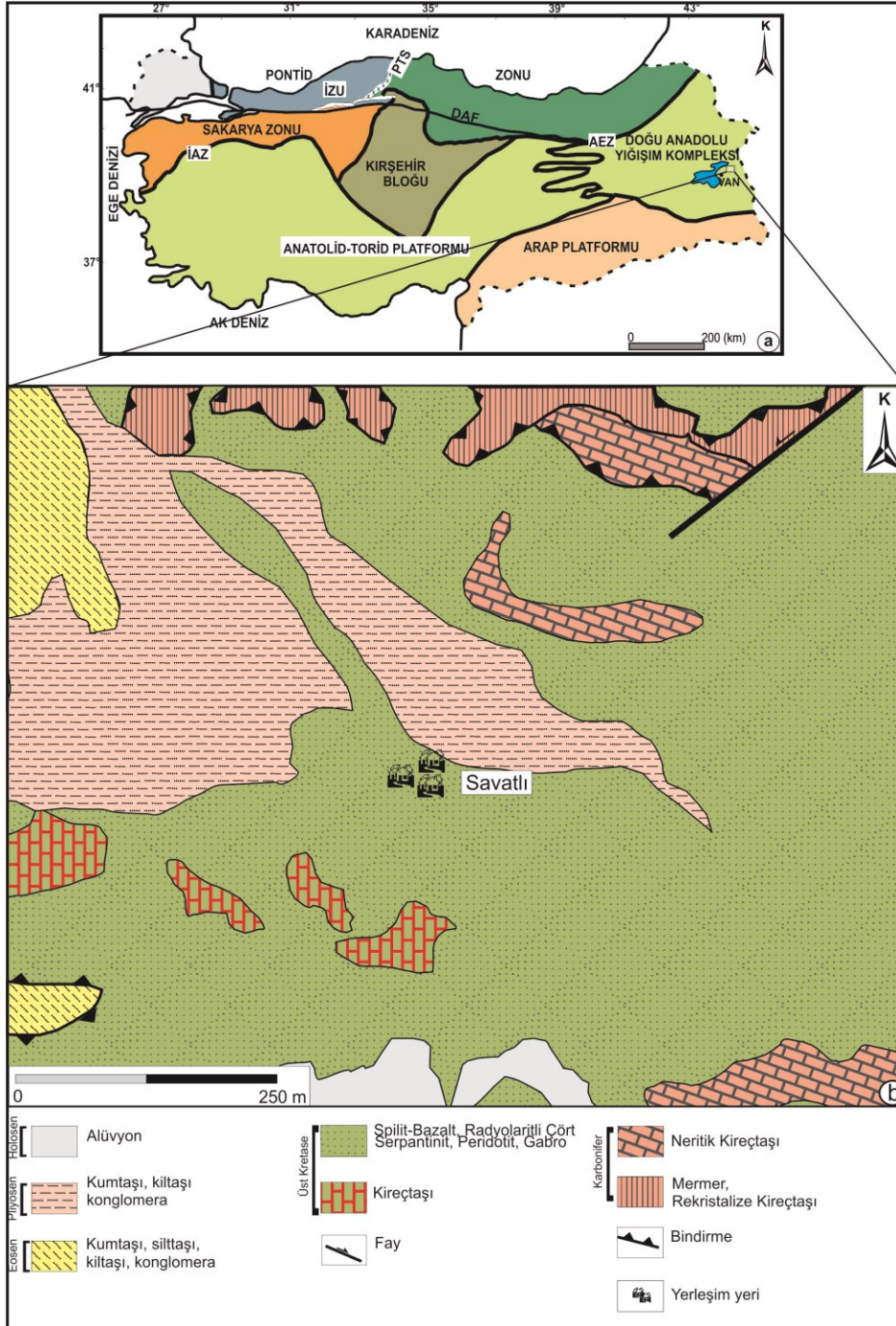
2. BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu Doğu Anadolu Platosu, Paleozoyik'ten günümüze kadar farklı yaş ve türlerdeki kayaç gruplarını bünyesinde bulundurmaktadır.

Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Bitlis Metamorfikleri bölgenin en yaşlı kayaçlarını oluşturmaktadır. Gözlü gnays, granat gnays, biyotit gnays, kuvarsit, amfibolit, mermer, rekristalize kireçtaşından oluşan metamorfikler Van Gölü güneyinde geniş alanlar kaplamaktadır [24,25]. Bölgede, özellikle de Van Gölü doğusunda, Jura yaşlı kireçtaşları, Geç Kretase ofiyolitleri ve Oligosen-Miyosen türbiditleri, Bitlis Metamorfikleri üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır [26,27].

Van Gölü Havzası olarak isimlendirilen bölgenin temelini oluşturan bu kayaçlar uyumsuz olarak Pliyosen yaşlı akarsu çökelleri, Kuvaterner volkanikleri ve eş yaşlı gölsel çökeller tarafından örtülmektedir. Havzanın en genç kayaçlarını travertenler ve alüvyonlar oluşturmaktadır [26, 28].

Çalışmanın konusunu oluşturan ofiyolitik melanj Doğu Anadolu Yığışım Kompleksi içerisinde geniş bir alanda yer almaktadır (Şekil 1a) [29]. Doğu Anadolu Ofiyolitleri olarak tanımlanan bu ofiyolitik birimler Neotetis Okyanus kabuğunun kalıntılarını temsil etmektedir. Kretase'de oluşan bu birimlerin bölgeye yerleşimleri Miyosen zamanındadır [30]. Çalışma alanında incelenen ofiyolitik melanj birçok birimi içerisinde barındırmaktadır (Şekil 1b). Karmaşık tektonik ilişki gösteren bu birimler keskin dokanaklı ve sert bir yapıda olmaları nedeniyle arazide kolayca tanınmaktadır.



Şekil 1. a) Anadolu'daki tektonik birlikleri gösteren harita [29]'den alınmıştır, İAZ: İzmir-Ankara Zonu; AEZ: Ankara-Erzincan Zonu; PTS: Paleotetis Süturu; DAF: Doğu Anadolu Fayı), b) Savatlı Köyü ve çevresindeki birimleri gösteren jeoloji haritası [30]'den değiştirilerek alınmıştır

2.1. Savatlı-Özalp Ofiyoliti

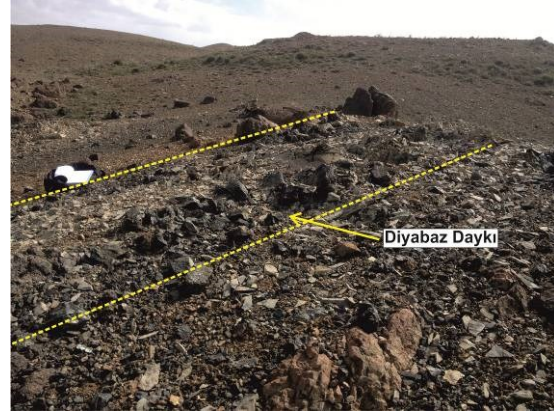
Van Gölü doğusunda Savatlı Köyü (Özalp-Van) ve yakın çevresinde bulunan ofiyolitik melanj, genel olarak ileri derecede serpantinleşmenin etkin olduğu ultramafik tektonitlerden (harzburjit ve dunit) (Şekil 2) ve bu birimleri kesen piroksenit ve izole diyabaz dayklarından oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 2. Çalışma alanı içerisinde gözlenen kısmen serpantinleşmiş harzburjitlerin genel görünümü

Çalışma alanında mostra veren ultramafik tektonitler aşırı deforme olmuş, ezikli ve kırıklı bir yapıda bulunmakla birlikte önemli oranda serpantinleşme gösterir. Birimler içerisinde mm-cm boyutlarında saçınımlı kromit oluşumları bulunmaktadır. Üst mantonun kısmi ergimesinden arta kalan kalıntı refrakter kayaçlar olarak ifade edilen ve ofiyolitik istifin tabanını temsil eden tektonitler çalışma alanında genel olarak harzburjit ve dunitlerle temsil edilir [31-33]. Çalışma alanının Bitlis-Zagros Kenet Kuşağının kuzeyinde yer alması nedeniyle, bölgede yoğun bir tektonizma ve bununla bağlantılı ileri derecede serpantinleşme göze çarpmaktadır.

Ultramafik tektonitleri keser konumda gözlenen mafik daykların boyutları birkaç metre ile on-onbeş metre arasında değişmektedir. Doğrultuları KD-GB ve KB-GD olan bu mafik daykların, peridotitler ile dokanakları keskindir.



Şekil 3. Çalışma alanı içerisinde gözlenen izole diyabaz daykının genel görünümü

Keskin dokanaklı ve sert olmalarından dolayı mafik dayklar arazide kolaylıkla tanımlanabilmektedir. Bazı alanlarda diyabaz dayklarında rodenjitleşme dikkati çekmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanı içerisinde gözlenen rodenjitleşmeye uğramış daykların genel görünümü

3. PETROGRAFİ

Ofiyolitik istifin tabanında yer alan birimler, petrografik olarak olivin-piroksen minerallerinin değişen oranları ile oluşan peridotit türü kayaçlardan oluşmaktadır. Petrografik olarak harzburjit ve dunitten oluşan bu kayaçlar kısmen serpantinleşmiştir. Serpantinize harzburjitler

içerisinde olivin, ortopiroksen ve kromit mineralleri; serpantinize dünitler içerisinde ise, olivin ve kromit minerallerine rastlanmaktadır. Kayaç içerisinde bastitleşmiş piroksen taneleri, krizotil+lizardit, antigorit, talk mineralleri gözlenmektedir (Şekil 5a). İnce kesitlerde olivin tanelerinin serpantin grubu minerallerine dönüşümü ile serpantinleşmenin ilk evrelerini işaret etmektedir. Bu evrede kayaç tipik olarak elek dokusuna sahiptir (Şekil 5b). Hidrotermal su sıcaklığının 500 °C'nin altında olduğu bu aşama sonrasında, serpantinleşmenin ileri evrelerinde sıcaklığın 500 °C'nin üzerine çıkmasıyla serpantin grubu minerallerde artış ve talk minerallerinin varlığı gözlenmektedir. Serpantinleşmiş kayaçlar içerisinde belirlenen bastitleşmiş piroksen mineralleri, bu kayaçların harzburjit oldukları göstermektedir.

Piroksenitler genelde serpantinleşmiş bir zon şeklinde gözlenmektedir. Piroksenitleri oluşturan kristaller orta tane ile pegmatit arasında değişim göstermektedir. Genel olarak kayaçta tanesal doku hakimdir. Kenetlenmiş durumda bulunan, genellikle yarı özşekilli piroksenler ve daha küçük taneli piroksen ve olivin (genellikle serpantinleşmiş) mineralleri gözlenmektedir (Şekil 5c).

İnceleme alanında bulunan diyabaz daykları ince kesitlerinde ofitik doku sunmaktadır. Çubuk şeklinde gelişigüzel dağılım gösteren plajiyoklazlar arasında özşekilsiz piroksen minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 5d). Kayaç içerisinde yer yer alterasyona bağlı olarak ikincil amfibol, prehnit, klorit minerallerine de rastlanmaktadır (Şekil 5e-f).

4. ANALİTİK METOD

Yapılan saha çalışmaları sonucunda bölgede gözlenen izole diyabaz dayklarının tektonik ortam koşullarının belirlenmesi amacıyla jeokimyasal çalışmalar için toplam 10 adet örnek alınarak ACME Laboratuvarlarında (Kanada) major oksit (ICP-ES yöntemi) ve iz element (ICP-MS yöntemi) analizleri yapılmıştır (Çizelge 1).

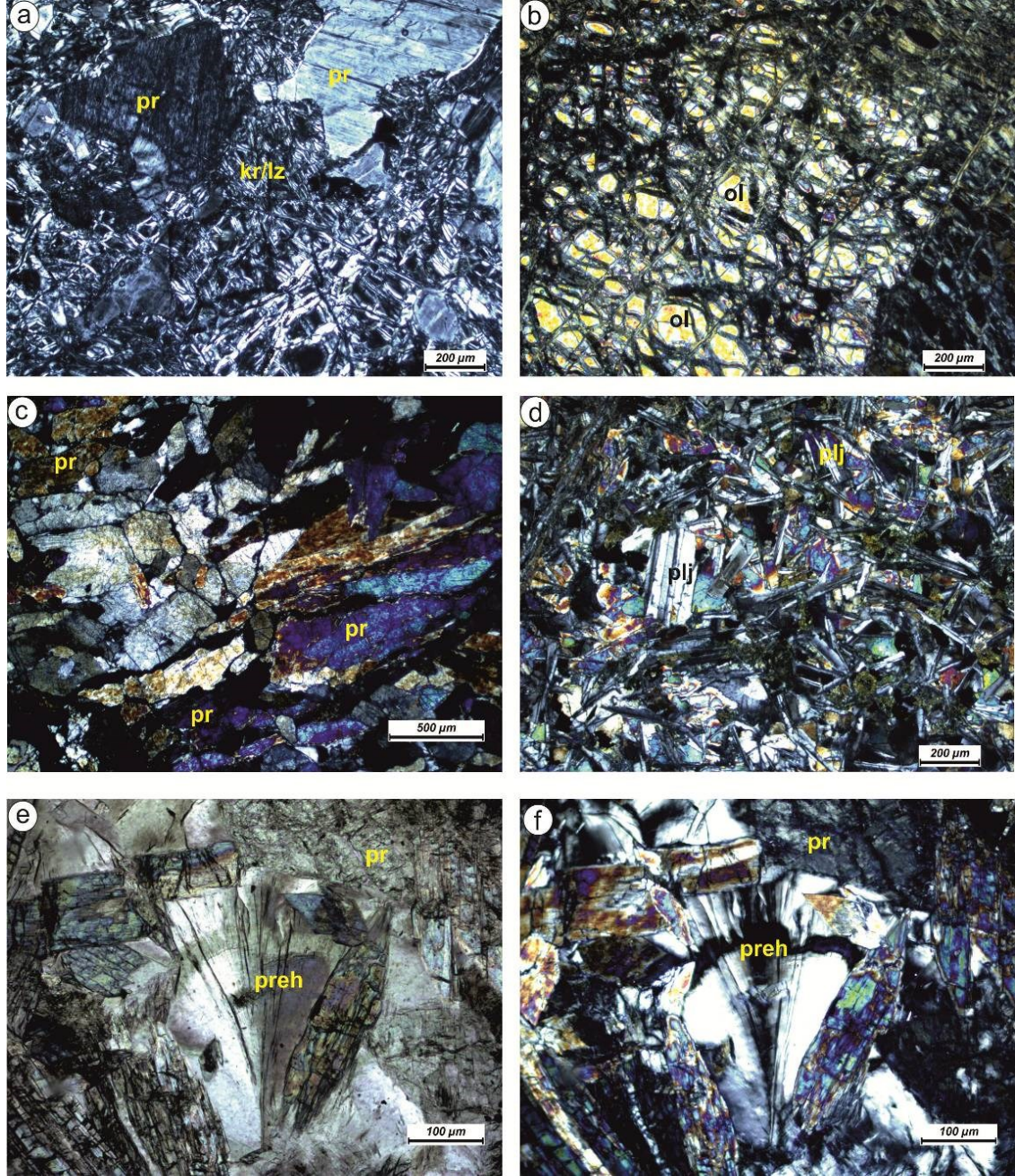
5. JEOKİMYA

İzole diyabaz dayklarından yapılan analizlere göre; major oksitlerde SiO₂ değerlerinin %40,02 ile %46,61 değerleri arasında olduğu, MgO oranlarının yüksek değerlere ulaştığı (%6,87-12,18) buna karşılık K₂O (%0,01-0,18), TiO₂ (%0,37-0,88), P₂O₅ (%0,08-0,13) ve MnO (%0,12-0,21) oranlarının düşük değerlerde olduğu dikkati çekmektedir. LOI (ateşte kayıp) değerlerine bakıldığında %2,8-5,46 daykların kısmen alterasyona uğradıkları ve ikincil minerallerin varlığını işaret ettiği görülmektedir.

Savatlı Köyü güneyinde belirlenen izole diyabaz daykları kaya sınıflaması amacıyla Nb/Y-Zr/Ti diyagramına yerleştirilmiş örneklerin bazaltik andezit ve bazalt alanları içerisinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 6a). Toleyitik bazaltların düşük P₂O₅ içeriğine sahip olmalarıyla ayırt edilebildiği için [33], subalkali alanına düşen örneklerin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Zr-P₂O₅ diyagramına yerleştirilmiş ve tüm örneklerin subalkali-toleyit alanda yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 6b).

Bölgede gözlenen izole diyabaz dayklarının ana element içeriklerinin MgO ya karşı değişimleri incelendiğinde SiO₂, Al₂O₃, CaO ve TiO₂ içeriklerinin artan MgO oranlarına karşılık azalan bir trend izledikleri, buna karşılık FeO ve MnO içeriklerinin ise artan bir trend izlediği görülmektedir (Şekil 7). MgO ya karşı iz elementlerin davranışlarının belirlenmesi amacıyla çizilen diyagramlarda ise; Ni, Nb, Zr, Yb, Y ve Tb elementlerinin artan bir dağılım gözlenirken, Cr ve Th elementlerinde azalan bir dağılım görülmektedir (Şekil 8).

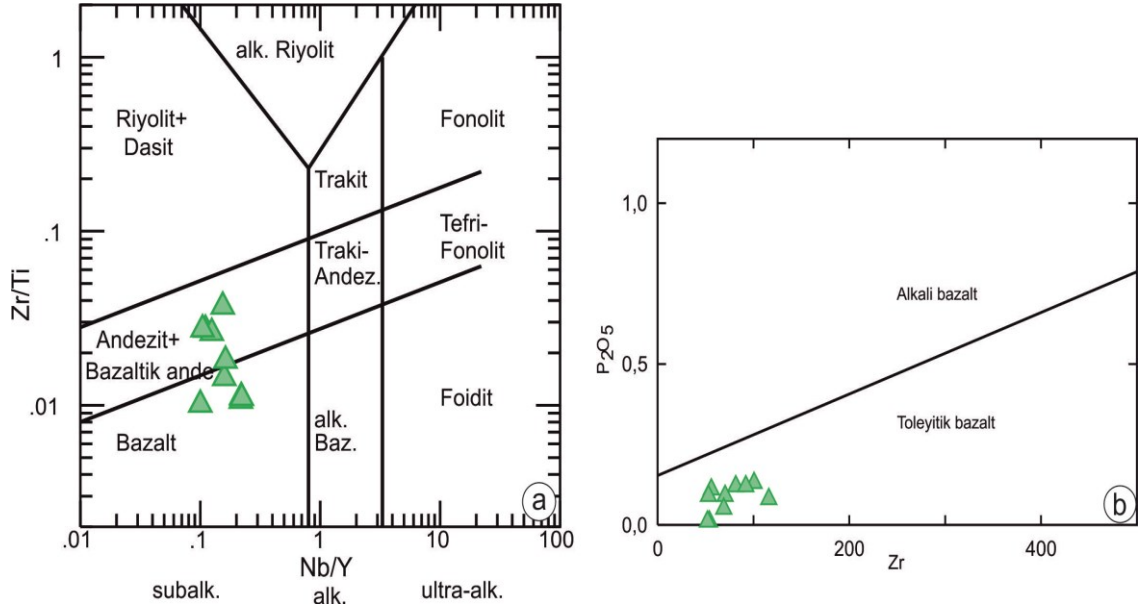
İzole diyabaz dayklarına ait örnekler, kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) diyagramlarında yatay ve yataya yakın bir şekil sunmaktadır (Şekil 9a). Diyabaz daykları okyanus ortası sırtı bazaltına (N-MORB) göre normalize edilmiş örümcek (spider) diyagramlarında, iri katyonlu litofil (LIL-Large Ion Lithophile) elementler bakımından zenginleşme (Rb, Ba, Th, K gibi) ve Nb, Ta elementlerindeki tüketilme dikkati çekmektedir (Şekil 9b).



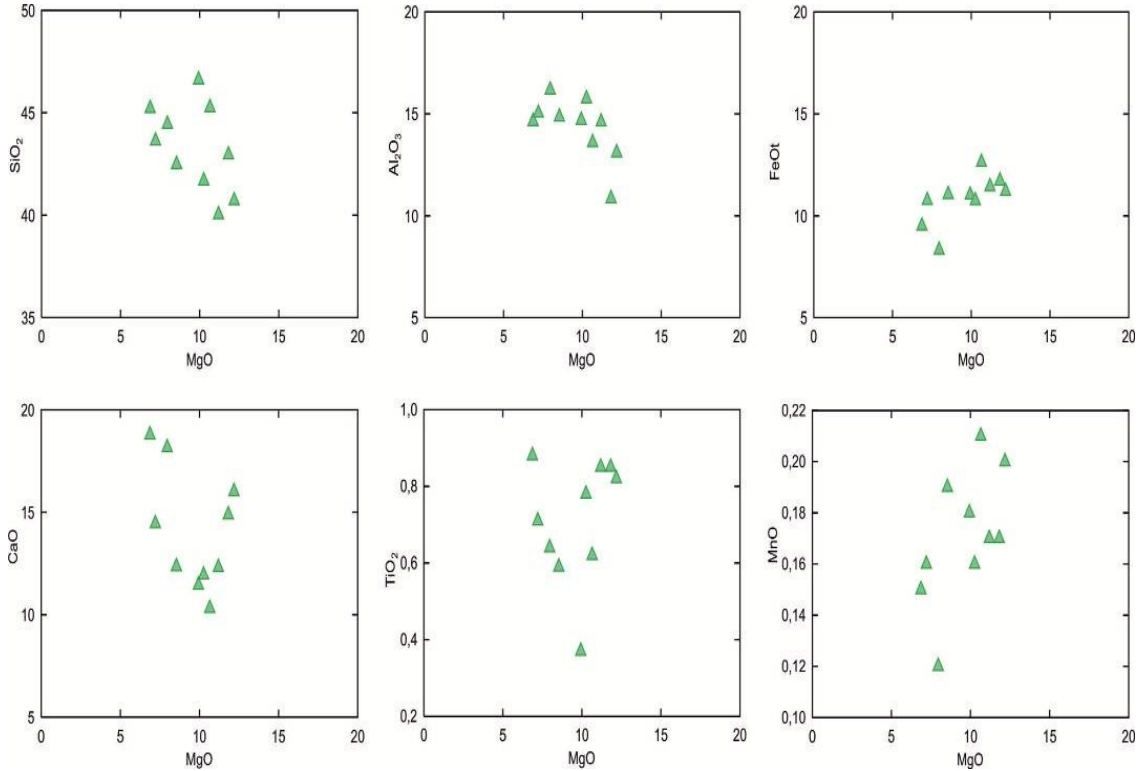
Şekil 5. Ultramafik ve mafik kayalara ait incekesit görüntüsü. a) serpantin grubu minerallerden krizotil/lizardit (kr/lz) ve bastitleşmiş piroksen minerali (pr) nin gözleendiği serpantin; b) elek dokusu ve kısmen korunmuş olivin taneleri (ol); c) piroksenit içerisinde yer alan piroksen mineralleri (pr); d) piroksen (pr) ve pilajiyoklaz (plj) minerallerinin oluşturduğu ofitik doku gözlenen diyabaz daykı; e) diyabaz dayklarında gözlenen prehnit mineralinin (preh) tek nikol görüntüsü; f) diyabaz dayklarında gözlenen prehnit mineralinin çift nikol görüntüsü

Çizelge 1. Savatlı çevresinde gözlenen diyabaz dayklarından alınan örneklerin major oksit (%) ve iz element (ppm) analiz sonuçları

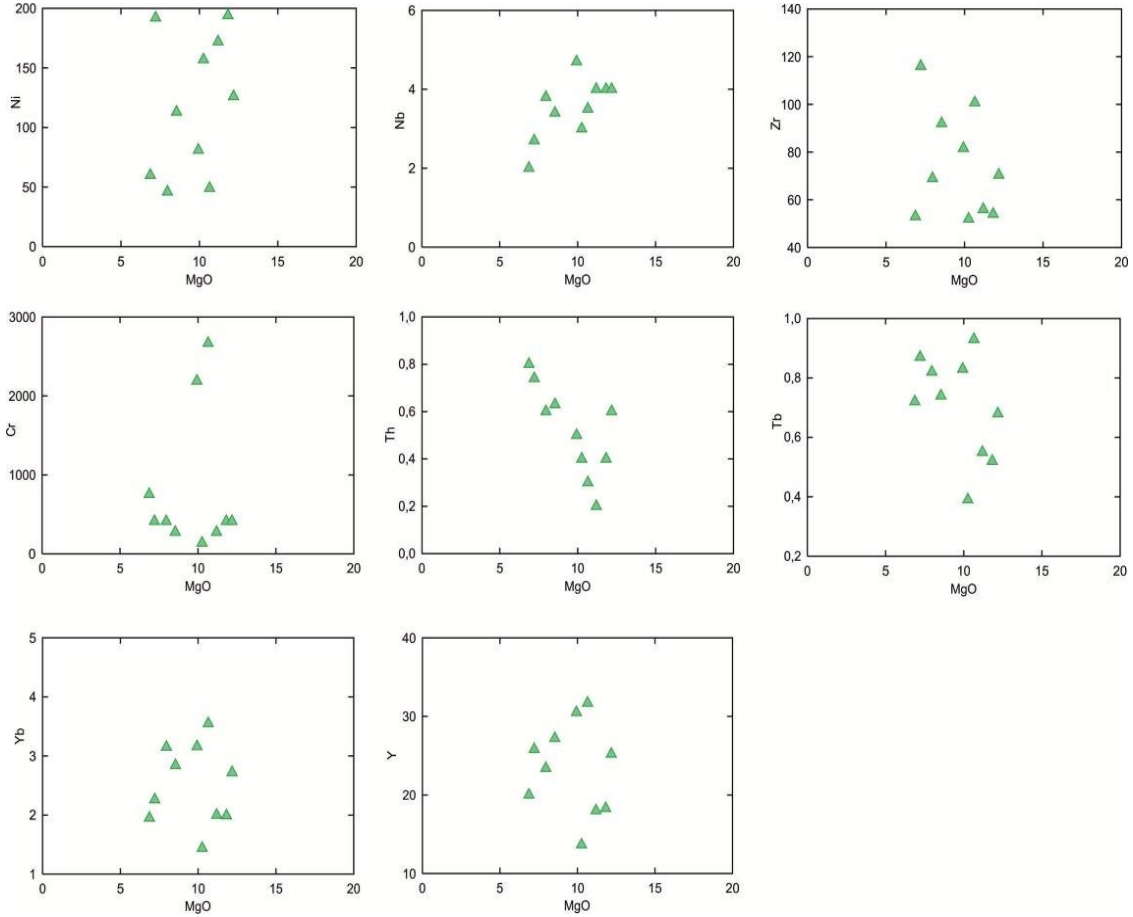
Örnek	S-15a	S-2	Ti-2	Ti2a	Ti-3	Z-1	SC-5	sc-16	Ti-6	Ti-11
SiO ₂	45,25	46,61	42,94	41,67	40,02	40,7	45,21	44,44	42,48	43,62
Al ₂ O ₃	13,59	14,69	10,84	15,74	14,60	13,09	14,63	16,17	14,85	15,03
Fe ₂ O ₃	12,62	11,02	11,71	10,74	11,43	11,2	9,5	8,32	11,05	10,75
MgO	10,65	9,93	11,82	10,26	11,19	12,18	6,87	7,96	8,54	7,21
CaO	10,31	11,44	14,88	11,94	12,31	16,01	18,78	18,16	12,35	14,45
Na ₂ O	2,24	2,36	2,08	4,85	4,24	0,09	0,15	0,13	3,1	2,51
K ₂ O	0,14	0,15	0,02	0,02	0,10	0,02	0,03	0,01	0,04	0,18
TiO ₂	0,62	0,37	0,85	0,78	0,85	0,82	0,88	0,64	0,59	0,71
P ₂ O ₅	0,13	0,12	0,01	0,01	0,11	0,09	0,09	0,05	0,12	0,08
MnO	0,21	0,18	0,17	0,16	0,17	0,2	0,15	0,12	0,19	0,16
Cr ₂ O ₃	0,39	0,32	0,06	0,02	0,04	0,06	0,11	0,06	0,04	0,06
LOI	3,8	2,8	4,48	3,07	4,89	5,2	3,61	3,87	5,46	4,95
Toplam	99,56	99,67	99,80	99,24	99,91	99,60	99,90	99,87	98,77	99,65
Ni	49	81	194,00	157,00	172,00	126	60,00	46,00	113,00	192,00
Sc	45	41	63,50	49,03	65,00	41	61,00	51,00	74,00	69,00
Ba	965,00	109,00	103,91	597,79	172,44	9,00	29,00	23,00	689,00	325,00
Be	3,00	<1	1,17	0,45	0,56	1,00	0,98	1,05	2,30	1,89
Co	44,00	38,10	45,00	41,00	43,00	43,30	47,00	39,00	38,60	43,90
Cs	0,20	1,90	0,81	9,65	4,14	<0,1	2,60	2,14	5,70	4,65
Ga	14,40	15,30	6,00	8,00	8,00	6,40	14,00	12,40	13,80	19,30
Hf	2,40	2,20	1,70	1,30	0,90	1,80	5,00	6,20	2,50	2,20
Nb	3,50	4,70	4,00	3,00	4,00	4,00	2,00	3,80	3,40	2,70
Rb	1,60	4,20	4,00	8,00	4,00	0,20	2,00	4,60	6,90	9,40
Sr	453,70	164,60	31,00	191,00	140,00	23,10	15,00	402,00	240,00	424,00
Th	0,30	0,50	0,40	0,40	0,20	0,60	0,80	0,60	0,63	0,74
U	2,10	0,10	0,30	0,15	0,18	0,20	3,00	2,70	0,36	1,43
V	295,00	285,00	189,00	216,00	230,00	259,00	286,00	296,00	226,00	306,00
Zr	100,70	81,60	54,00	52,00	56,00	70,40	53,00	69,00	92,00	116,00
Y	31,70	30,50	18,29	13,66	18,00	25,20	20,00	23,40	27,20	25,80
La	5,50	5,30	3,54	3,27	4,62	6,50	4,17	5,10	6,20	6,70
Ce	13,50	13,70	8,75	7,82	10,88	12,90	5,25	9,70	14,70	13,10
Pr	2,20	2,19	1,28	1,09	1,53	2,09	1,97	1,42	2,06	1,87
Nd	11,90	9,90	6,45	5,28	7,50	10,40	6,92	6,41	10,10	7,80
Sm	3,60	3,25	2,15	1,90	2,37	2,75	3,20	2,75	3,24	3,13
Eu	1,37	1,24	0,87	0,84	0,99	1,06	1,09	0,79	1,27	1,47
Gd	5,14	4,61	3,11	2,38	3,34	3,76	4,52	3,48	3,71	5,11
Tb	0,93	0,83	0,52	0,39	0,55	0,68	0,72	0,82	0,74	0,87
Dy	5,96	5,31	3,49	2,61	3,60	4,62	4,12	3,17	4,58	5,57
Ho	1,30	1,10	0,74	0,54	0,75	0,65	0,92	0,82	1,23	1,05
Er	3,75	3,38	2,18	1,62	2,23	2,87	2,94	3,16	3,45	3,11
Tm	0,53	0,48	0,31	0,23	0,32	0,40	0,42	0,36	0,44	0,35
Yb	3,55	3,16	1,99	1,44	2,00	2,72	1,95	3,15	2,84	2,26
Lu	0,53	0,48	0,30	0,22	0,30	0,39	0,41	0,37	0,52	0,29
Ta	0,20	0,20	0,30	0,20	0,30	0,20	0,40	0,20	0,60	0,40



Şekil 6. Savatlı diyabaz dayklarının isimlendirilmesi amacıyla a) Nb/Y-Zr/Ti diyagramı [34], b) alkali-toleyitik özelliğinin belirlenmesi amacıyla Zr-P₂O₅ diyagramındaki yeri [35]



Şekil 7. Savatlı diyabaz dayklarının MgO'ya karşı major oksitlerin değişim diyagramları



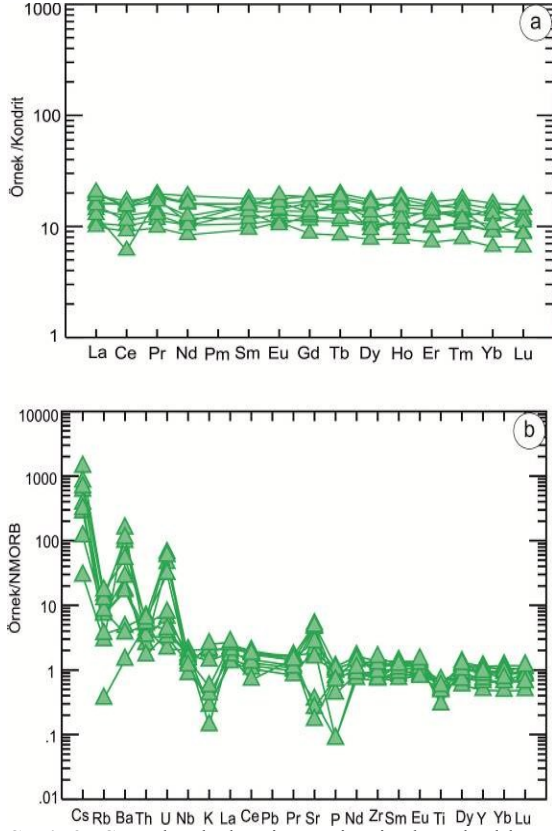
Şekil 8. Savatlı Diyabaz dayklarının MgO'ya karşı iz element dağılım diyagramı

Savatlı bölgesine ait diyabaz daykların oluşum koşullarının ve ortamlarının belirlenmesi amacıyla farklı jeokimyasal diyagramlar kullanılmıştır. Bu diyagramların seçilmesinde özellikle alterasyondan etkilenmeyen iz elementler tercih edilmiştir. Buna göre izole dayk örneklerinin kısmi ergime derecelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan Zr/Nb-Ce/Yb diyagramına bakıldığında örneklerin ergime derecelerinin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 10). Winchester ve Floyd [34] tarafından geliştirilen V-Ti diyagramında örneklerin bir bölümü MORB alanında yer alırken bir kısım örneklerin ise IAT (Ada-yayı toleyitleri) alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 11). Bu durum, dayk örneklerinin yay ile MORB arasındaki geçiş kayacı olduklarının göstergesi sayılabilir. Pearce [37] tarafından geliştirilen Nb/Yb- Th/Yb diyagramı da

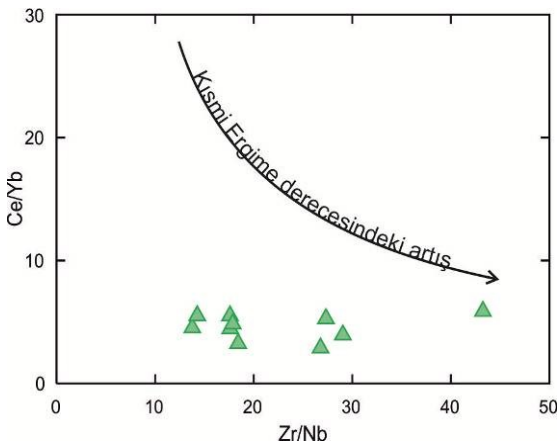
kayaçların tüketilmiş bir manto kaynağını ve volkanik yay ortamında oluştuğunu göstermektedir (Şekil 12). Wood [38] tarafından geliştirilen üçgen diyagrama yerleştirilen çalışma alanına ait örnekler P-Tipi MORP ve yiten plaka sınırında gelişen bazaltlar ve farklılaşma ürünleri alanlarına düşmektedir (Şekil 13). Ayrıca aynı örnekler Zr-TiO₂ diyagramına yerleştirildiğinde bu örneklerin ada yayı bazaltları ve okyanus içi sırt bazaltları alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 14).

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

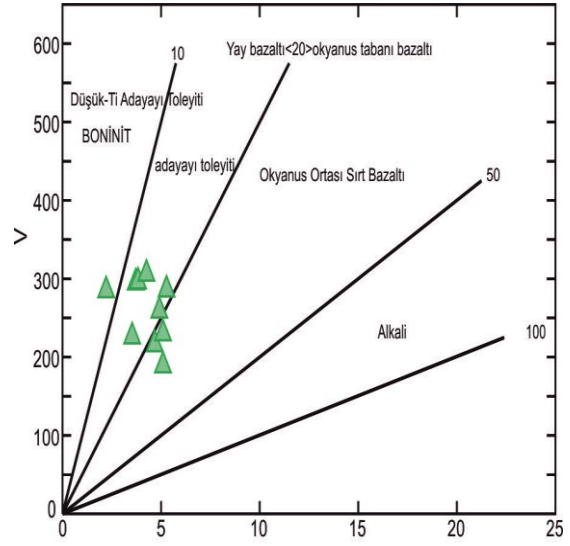
Savatlı bölgesinde ultramafik tektonitler geniş alanlarda yayılım göstermektedir. Bölgede ayrıca ultramafik tektonitleri keser konumda piroksenit ve izole diyabaz daykları da yer almaktadır.



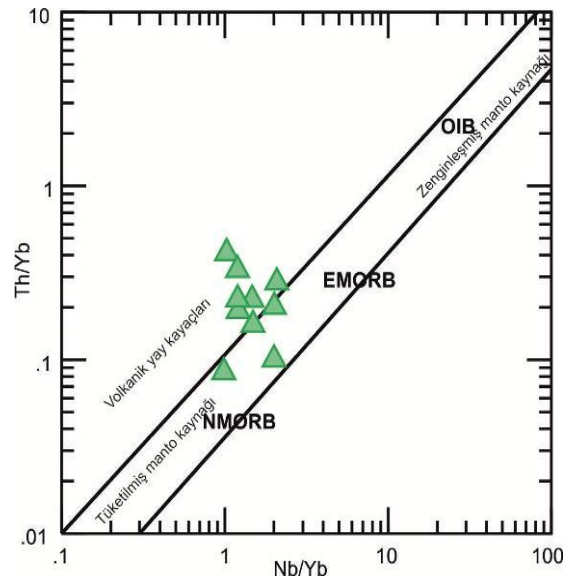
Şekil 9. Savatlı bölgesine ait izole daykların a) nadir toprak element diyagramı (Kondrit değerleri [39]'dan alınmıştır), b) N-MORB a göre çizilmiş örümcek diyagramı (değerler [39] den alınmıştır)



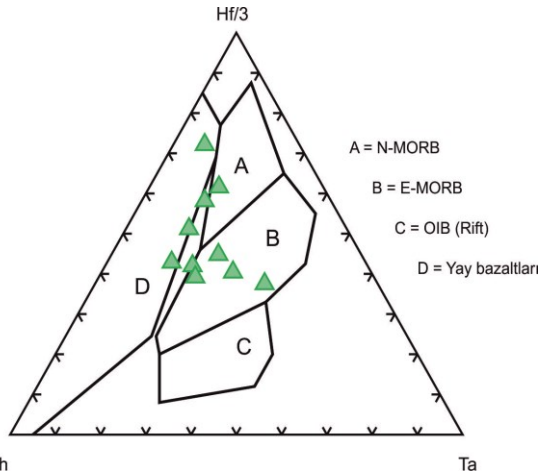
Şekil 10. Zr/Nb-Ce/Yb diyagramına göre diyabaz daykların ergime derecesi



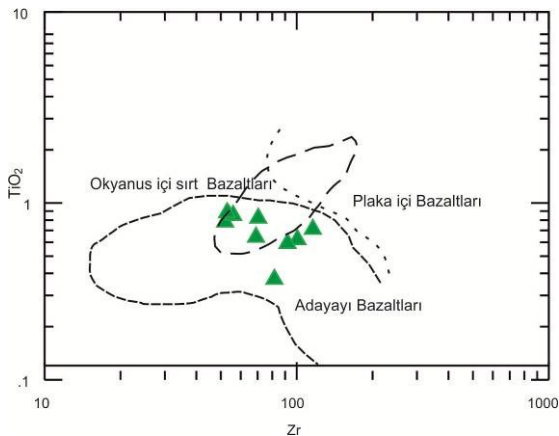
Şekil 11. Savatlı diyabaz dayklarının Ti/1000-V (ppm) tectonomagmatic diskriminasyon diyagramındaki konumları [36]



Şekil 12. Savatlı Bölgesinde gözlenen dayk örneklerinin Nb/Yb-Th/Yb diyagramındaki konumları [37] (NMORB: Normal okyanus ortası sırt bazaltı; EMORB: zenginleşmiş okyanus ortası sırt bazaltı; OIB: okyanus adası bazaltı)



Şekil 13. Savatlı bölgesinde gözlenen izole diyabaz dayklarının Hf-Th-Ta tektonomagmatik diskriminasyon diyagramındaki yerleri [38] (NMORB: Normal okyanus ortası sırtı bazaltları; EMORB: Zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı; OIB: Okyanus adası bazaltı)



Şekil 14. Savatlı bölgesinde gözlenen izole diyabaz dayklarının Zr-TiO₂ tektonomagmatik diskriminasyon diyagramındaki yerleri [39]

Çalışma alanı konumu itibarıyla tektonik deformasyonun fazla olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Deformasyon etkisiyle bu birimlerin alterasyona uğradıkları düşünülmektedir. Petrografik ve jeokimyasal çalışmalar bu alterasyon izlerini yansıtmaktadır.

Petrografik olarak bazı kesitlerde gözlenen klorit, epidot ve aktinolit birlikteliği diyabaz dayklarının yeşil şist fasiyesinde düşük sıcaklık hidrotermal alterasyona uğradıklarının göstergesidir.

TiO₂ değerlerinin %1'den küçük olması (ort. %0,71) bu kayaların okyanus içi dalma-batma zonunda oluştuğunu göstermektedir. K₂O değerlerinin ise ortalama %2,18 olması bu kayaların birincil magmatik değerleri göstermektedir. Diyabaz dayklarında gözlenen MgO ya karşılık artan FeO değerleri okyanus içi ada yayı kayalarıyla uyumluluk sunmakla birlikte, dalma-batma zonu tektonik ortamının bir işaretidir.

Kondrite göre normalize edilen diyabaz dayklarının sundukları şekil, tipik olarak ada yayı toleyitlerinde okyanus içi dalma batma zonu üzerinde oluşan ofiyolitlerde görülmektedir. Ayrıca bölgede gözlenen diyabaz dayklarının tüketilmiş bir magma kaynağından türediklerini ve yitim zonu üzerinde oluştuğunu işaret etmektedir. Sr ve Pb elementleri bakımından zenginleşme, Nb ve Ta elementleri bakımından tüketilme, yüksek değerli katyonlar (HFS) bakımından ise yatay bir dağılım göze çarpmaktadır. İri katyonlu litofil (LIL-Large Ion Lithophile) içerisinde bulunan Th elementi oldukça duraylı ve güvenilir bir elementtir. Bu elementin diğer uyumsuz elementlere göre zenginleşme göstermesi bu kayaların dalma-batma zonunda oluştuğuna işaret eder [40,41]. Jeokimyasal olarak yitim zonunun etkileri nedeniyle, bölgede gözlenen ofiyolitik birimlerin dalma batma zonu ofiyoliti oldukları ortaya çıkmaktadır. Nb elementindeki tüketilmeye izole dayklarına ait kayaların dalma-batma zonu ile ilişkili bir ortamda oluştuğunu göstermektedir [42-44]. Doğu Akdeniz ofiyolitlerinde yer alan levha dayk kompleksi ve gabroyik kayaların da benzer örümcek diyagramı şekillerine sahip oldukları literatürde yer almaktadır [13-15,45-49].

6. TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi tarafından 2013-FBE-YL072 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

7. KAYNAKLAR

1. Pearce, J.A., Lippard, S.J., Roberts, S., 1984. Characteristics and Tectonic Significance of Supra-subduction Zone Ophiolites. In *Marginal Basin Geology*, Kokelaar, B.P., Howells, M.F. (eds), Geological Society, London, Special Publications, 16, 77-89.
2. Shervais, J.W., 2001. Birth, Death, and Resurrection: The Life Cycle of Suprasubduction Zone Ophiolites. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 2.
3. Robertson, A.H.F., 2002. Overview of the Genesis and Emplacement of Mesozoic Ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan Region. *Lithos*, 65, 1-67.
4. Photiades, A., Saccani, E., 2006. Geochemistry and Tectono-Magmatic Significance of HP/LT Metaophiolites of the Attic-Cycladic Zone in the Lavrion Area (Attica, Greece). *Ophioliti*, 31(2), 89-102.
5. Arai, S., Kadoshima, K., Morishita, T., 2006. Widespread Arc-related Melting in the Mantle Section of the Northern Oman Ophiolite as Inferred from Detrital Chromian Spinel. *Journal of the Geological Society of London*, 163, 1-11.
6. Pearce, J.A., 2008. Geochemical Fingerprinting of Oceanic Basalts with Applications to Ophiolite Classification and the Search for Archean Oceanic Crust. *Lithos*, 100, 14-48.
7. Dilek, Y., Furnes, H., 2011. Ophiolite Genesis and Global Tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of Ancient Oceanic Lithosphere. *Geological Society of America Bulletin*, 123(3-4), 387-411.
8. Yalınız, M.K.Y., Floyd, P.A., Göncüoğlu, M.C., 1996. Supra-Subduction Zone Ophiolites of Central Anatolia: Geochemical Evidence from the Sarikaraman Ophiolite, Aksaray, Turkey. *Mineralogical Magazine*, 60, 697-710.
9. Parlak, O., Höck, V., Kozlu, H., Delaloye, M., 2004. Oceanic Crust Generation in an Island Arc Tectonic Setting, SE Anatolian Orogenic Belt (Turkey), *Geological Magazine*, 141, 583-603.
10. Vergili, Ö., Parlak O., 2005. Geochemistry and Tectonic Setting of Metamorphic Sole Rocks and Mafic Dikes from the Pınarbaşı (Kayseri) Ophiolite, Central Anatolia. *Ophiolite*, 30, 37-52.
11. Bağcı, U., Parlak, O., Höck, V., 2006. Geochemical Character and Tectonic Environment of Ultramafic to Mafic Cumulates from the Tekirova (Antalya) ophiolite, (southern Turkey) *Geol J*, 41, 193-219.
12. Rızaoğlu, T., Parlak, O., Höck, V., İşler, F., 2006. Nature and Significance of Late Cretaceous Ophiolitic Rocks and its Relation to the Baskil Granitoid in Elazığ Region, SE Turkey, In: Robertson, A.H.F., and Mountrakis, D., (eds), *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region*. Geological Society, London, Special Publications, 260, 327-350.
13. Bağcı, U., Parlak, O., Höck, V., 2008. Geochemistry and Tectonic Environment of Diverse Magma Generations Forming the Crustal Units of the Kızıldağ (Hatay) Ophiolite Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 43-71.
14. Bağcı, U., Parlak, O., 2009. Petrology of the Tekirova (Antalya) Ophiolite (Southern Turkey): Evidence for Diverse Magma Generations and their Tectonic Implications During Neotethyan-subduction. *International Journal of Earth Sciences*, 98, 387-405.
15. Parlak, O., Rızaoğlu, T., Bağcı, U., Karaoğlan, F., Höck, V., 2009. Tectonic Significance of the Geochemistry and Petrology of Ophiolites in Southeast Anatolia, Turkey, *Tectonophysics*, 473, 173-187.
16. Dilek, Y., Thy, P., 2009. Island Arc Tholeiite to Boninitic Melt Evolution of the Cretaceous Kizildag (Turkey) Ophiolite: Model for Multi-stage Early Arc-forearc Magmatism in Tethyan Subduction Factories, *Lithos*, 113(1-2), 68-87.
17. Dilek, Y., Thy, P., Hacker, B., Grundvig, S., 1999. Structure and Petrology of Tauride Ophiolites and Mafic Dike Intrusions (Turkey): Implications for the Neotethyan Ocean. *GSA Bulletin*, 111(8), 1192-1216.
18. Parlak, O., 1996. Geochemistry and Geochronology of the Mersin Ophiolite within the Eastern Mediterranean Tectonic Frame (Southern Turkey). These Doctorat,

- Universitede Geneve, Terre & Environnement, 6, 242.
19. Floyd, P.A., Göncüoğlu, M.C., Winchester, J.A., Yalınz, M.K., 2000. Geochemical Character and Tectonic Environment of Neotethyan Ophiolitic Fragments and Metabasites in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey, pp.183-202 in: Tectonics and magmatism in Turkey and the Surroundings Area (E. Bozkurt, J.A., Winchester, and J.D.A., Piper, editors), Geological Society London Special Publication, 173.
 20. Şengör, A.M.C., Yılmaz Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
 21. Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., 1993. Ophiolitic and Metamorphic Assemblages of Southeast Anatolia and Their Significance in the Geological Evolution of the Orogenic Belt, Tectonics, 12(5), 1280-1297.
 22. Günay, K., Çolakoğlu, A.R., 2011. Doğu Türkiye (Van Bölgesi) Krom Cevherlerinin Jeokimyasal Özellikleri ve Platin Grubu Element (PGE) İçerikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 54(1-2), 1-24.
 23. Çolakoğlu, A.R., Sayit, K., Günay, K., Göncüoğlu, M.C., 2012. Geochemistry of Mafic Dykes from the Southeast Anatolian Ophiolites, Turkey: Implications for an Intra-oceanic Arc-basin System. Lithos, 132-133, 113-126.
 24. Boray, A., 1976. Bitlis Dolayının Yapısı ve Metamorfizması. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 18(1), 81-84.
 25. Oberhänsli, R., Candan, O., Bousquet, R., Rimmelé, G., Okay, A.I., Goffé, B., 2010. Alpine HP Evolution of the Eastern Bitlis Complex, SE Turkey, in Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform, Edited by M. Sosson et al., Geol. Soc. Spec. Publ., 340(1), 461-483.
 26. Acarlar, M., Bilgin, A.Z., Elibol, E., Erkan, T., Gedik, İ., Güner, E., Hakyemez, Y., Şen, A.M., Uğuz, M.F., Umut, M., 1991. Van Gölü Doğusu ve Kuzeyinin Jeolojisi. MTA Rapor No. 9469, Ankara, 94. (yayımlanmamış).
 27. Şenel, M., 2008. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları (Van-K50 Paftası). MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
 28. Üner, S., Okuldaş, C., Yılmaz, A.V., 2015. Pliyosen Dorutay Havzası (Özalp-Van) Gölsele Çökellerinin Yapısal ve Sedimentolojik Özellikleri. Yerbilimleri, 36(1), 19-30.
 29. Elmas, A., Yiğitbaş, E., 2001. Ophiolite Emplacement by Strike-slip Tectonics Between the Pontide Zone and the Sakarya Zone in Northwestern Anatolia, Turkey. Int. Journal Earth Science, 90, 257-269.
 30. Şenel, M., Acarlar, M., Çakmakçoğlu, A., Dağar, Z., Erkanol, D., Örcen, S., Taşkıran, M.A., Ulu, U., Ünal, M.F., Yıldırım, H., 1984. Özalp (Van)-İran Sınırı Arasındaki Alanın Jeolojisi (Başkale-K52). MTA Rapor 7623.
 31. Coleman, R.G., 1977. Ophiolites. Springer-Verlag Berlin, 229.
 32. Çakır, Ü., Juteau, T., Whitechurch, H., 1978. Nouvelles Preuves de L'écaille Intraocéanique Précoce des Ophiolites Téthysiennes: Les Roches Métamorphiques infra Péridotitique du Massif de Pozanti-Karsanti. Bull. Soc. Geol. Fr., XX, 1, 61-70.
 33. Özkan, Y.Z., 1982. Guleman (Elazığ) Ofiyolitinin Jeolojisi ve Petrolojisi. İstanbul Yerbilimleri, 3(1-2), 295-312.
 34. Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobility Elements. Chemical Geology, 20, 325-343.
 35. Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1976. Geochemical Magma Type Discrimination: Application to Altered and Metamorphosed Basic Igneous Rocks, Earth Planet. Sc. Lett., 28, 459-469.
 36. Shervais, J.W., 1982. Ti-V Plots and the Petrogenesis of Modern and Ophiolitic Lavas. Earth and Planetary Science Letters, 59, 101-118.
 37. Pearce, J.A., 1982. Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries. In Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks (R.S. Thorpe, ed.). John Wiley & Sons, Chichester, U.K., 525-548.
 38. Wood, D.A., 1980. The Application of a Th-Hf-Ta Diagram to Problems of

- Tectonomagmatic Classification, and to Establishing the Nature of Crustal Contamination of Basaltic Lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth Planet. Sci. Lett.* 50, 11-30.
39. Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973. Tectonic Setting of Basic Volcanic Rocks Determined Using Trace Element Analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290–300.
40. Wood, S.D., Joron, J.J., Trueil, M., Norry, M., Tarney, J., 1979. Elemental and Sr Isotope Variations in Basic Lavas from Iceland and Surrounding Ocean Floor. The Nature of Mantle Source Heterogeneities. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 70, 319–340.
41. Pearce, J.A., 1983. Role of the Sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Active Continental Margins. In: Hawkesworth, C.J. ve Norry, M.J., Eds., *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva, Nantwich, 230-249.
42. Arculus, R.J., Powell, R., 1986. Source Component Mixing in the Regions of Arc Magma Generation. *J. Geophys. Res.*, 91, 5913-5926.
43. Yagodinski G.M., Rubenstone J.L., Kay, S.M., Kay, R.W., 1993. Magmatic and Tectonic Development of the Western Aleutians: An Oceanic Arc in a Strike-slip Setting. *J. Geophys. Res.* 98, 11807-11834.
44. Wallin, T.E., Metcalf, R.V., 1998. Supra-subduction Zone Ophiolite Formed in an Extensional Forearc: Trinity Terrane, Klamath Mountains, California. *J. Geol.* 106, 591–608.
45. Lytwyn, J.N., Casey, J.F., 1995. The Geochemistry of Postkinematic Mafic Dike Swarms and Subophiolitic Metabasites, Pozanti- Karsanti Ophiolite, Turkey: Evidence for Ridge Subduction. *Geological Society of American Bulletin*, 107, 830-850.
46. Parlak, O., Delaloye, M., Bingöl, E., 1996. Mineral Chemistry of Ultramafic and Mafic Cumulates as an Indicator of the Arc Related Origin of the Mersin Ophiolite (Southern Turkey). *Geol Rundsch*, 85, 647-661.
47. Çelik Ö.F., Delaloye, M.F., 2003. Origin of Metamorphic Soles and Their Post-kinematic Mafic Dyke Swarms in the Antalya and Lycian Ophiolites, SW Turkey. *Geological Journal*, 38, 235– 256.
48. Parlak, O., Karaoğlan, F., Rızaoğlu, T., Klötzli, U., Koller, F., Billor, Z., 2013a. U-Pb and 40Ar-39Ar Geochronology of the Ophiolites and Granitoids from the Tauride Belt: Implications for the Evolution of the Inner Tauride Suture. *Journal of Geodynamics*, 65, 22–37.
49. Parlak, O., Karaoğlan, F., Rızaoğlu, T., Nurlu, N., Bağcı, U., Höck, V., Öztüfekçi Önal, A., Kürüm, S., Topak, Y., 2013b. Petrology of the İspendere (Malatya) Ophiolite from the Southeast Anatolia: Implications for the Late Mesozoic Evolution of the Southern Neotethyan Ocean. In A. H. F. Robertson, O. Parlak, U. C. Ünlügenç (Eds.), *Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region*, London: Geological Society. Special Publications, 372, 219–247.